



Cdl in Tossicologia dell'Ambiente e degli Alimenti 2013-2014

Legislazione Sanitaria e Ambientale

Inquinamento da traffico veicolare



Bellinghieri Giorgia

Calà Marta

Crispi Simona

Failla Mariacristina

Parisi Cristina

Raciti Maria Rosa

INDICE

1 - INTRODUZIONE

2-LA CHIMICA DEGLI INQUINANTI

2.1 - Classificazione

2.2 - Quali sono gli inquinanti incriminati?

2.3 - Metodologia Corinair

3-LE NORMATIVE

3.1 - Le normative ambientali della UE

3.2 - Direttiva CE 98/70 sulla qualità di benzina e diesel

3.3 - Normativa in Italia

4-STRUMENTI DI RIDUZIONE DEL TRAFFICO VEICOLARE

5-STRUMENTI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

5.1 - Combustibili alternativi

5.2 - Conclusioni sull'idrogeno e altri combustibili alternativi

1 - INTRODUZIONE

La conoscenza dettagliata delle fonti di emissioni inquinanti in atmosfera è oggi indispensabile per tutelare la qualità dell'aria e la salute della popolazione e dell'ambiente, e per pianificare a medio e lungo termine un uso sempre più razionale e sostenibile delle risorse ambientali. Conoscere le fonti di emissioni inquinanti in atmosfera significa conoscere le caratteristiche e la localizzazione dei soggetti produttori di inquinamento, la tipologia e la quantità delle sostanze prodotte e immesse nell'atmosfera, l'andamento temporale delle emissioni, il peso relativo di ogni fattore sulla qualità globale dell'aria. La Comunità Europea si è mossa fin dagli anni 80 per promuovere una metodologia unitaria per la creazione di catasti omogenei delle emissioni inquinanti in ogni Stato membro. La Commissione delle Comunità Europee ha dato vita al progetto CORINE (COoRdinated Information on the Environment in the European Community). L'obiettivo del progetto CORINE è la raccolta, e l'organizzazione delle informazioni sullo stato dell'ambiente e delle risorse naturali della Comunità, nonché lo sviluppo di un sistema informativo geografico come supporto alla formulazione e all'implementazione della politica comunitaria in materia ambientale. La parte del programma relativa alla raccolta e all'organizzazione delle informazioni coerenti sulle emissioni nell'atmosfera costituisce il progetto CORINAIR.

Ci sono tre principali settori di emissione degli inquinanti in atmosfera:

- le emissioni dal traffico veicolare associate al reticolo stradale provinciale e dipendenti dai flussi di traffico e dalla tipologia del parco veicoli circolanti;
- le emissioni produttive, industriali ed artigianali;
- le emissioni da combustione, originate dal riscaldamento civile e dalle utenze domestiche, relative agli impianti del settore residenziale e del terziario, che presentano un tipico andamento stagionale.

Il traffico veicolare costituisce oggi il principale responsabile dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane, a causa della emissione dei prodotti della combustione dei carburanti e della loro successiva trasformazione chimica, nonché a causa della evaporazione degli idrocarburi incombusti. Negli ultimi decenni a livello nazionale è andata progressivamente aumentando la quota percentuale di merci e passeggeri trasportati su strada rispetto a quelli su ferrovia; contemporaneamente il numero di veicoli circolanti è andato aumentando, anche se recentemente si è registrato un rallentamento della crescita.

Il rapporto CORINAIR 1990 della Agenzia Ambientale Europea (EEA) stabiliva che nei 12 paesi CEE il 51% delle emissioni totali di NO_x e il 34% di composti organici volatili non metanici proveniva dal traffico veicolare; il Ministero dell'Ambiente stima inoltre che il settore del trasporto stradale sia responsabile del 63% delle emissioni totali nazionali di CO, del 20% delle emissioni di Anidride Carbonica, del 62% del Piombo: inoltre le emissioni del settore mostrano negli ultimi anni una tendenza alla crescita, sia complessiva che per singoli inquinanti, ad eccezione del piombo.

2-LA CHIMICA DEGLI INQUINANTI

2.1 - CLASSIFICAZIONE

Le sostanze inquinanti possono essere classificate in diversi modi:

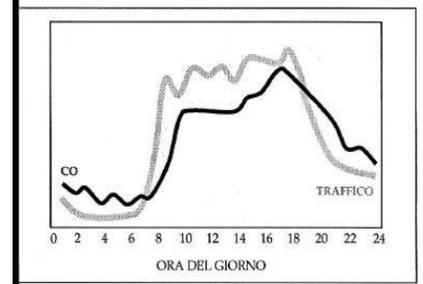
- **CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLO STATO FISICO:** sostanze gassose (vapori), inquinanti liquidi e sostanze solide (particolato).
- **CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLA GENESI:**
 - **INQUINANTI PRIMARI:** Emessi direttamente dalle sorgenti.
 - **INQUINANTI SECONDARI:** Si formano a seguito di reazioni chimiche tra gli inquinanti primari.
- **CLASSIFICAZIONE IN BASE AL COMPORTAMENTO CHIMICO:**
 - **INQUINANTI INERTI:** Non suscettibili di partecipare a reazioni (in condizioni tipiche di esistenza dell'atmosfera).
 - **INQUINANTI SECONDARI:** Suscettibili di partecipare a reazioni (in condizioni tipiche di esistenza dell'atmosfera).
- **CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLA COMPOSIZIONE CHIMICA** (composti organici; composti non organici; composti fotochimici; composti non fotochimici).

2.2 - QUALI SONO GLI INQUINANTI INCRIMINATI ?

Gli inquinanti presi in considerazione sono i seguenti:

- **Biossido di Azoto (NO₂).** Gli Ossidi di Azoto (NO_x) vengono prodotti nei processi di combustione alle alte temperature per sintesi tra l'ossigeno e l'azoto presenti nell'aria; più elevata è la temperatura nella camera di combustione, più elevata è la produzione di Ossido di Azoto (NO): questo si ricombina poi con l'Ossigeno per formare il biossido (NO₂). Le principali sorgenti di NO₂ sono il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento, le centrali termoelettriche e numerose attività produttive. Gli Ossidi di Azoto reagiscono poi in atmosfera contribuendo alla produzione dello smog fotochimico, dei nitrati e delle precipitazioni acide. Questo inquinante ha dimostrati effetti dannosi a carico dell'apparato respiratorio. In condizioni di forte irraggiamento solare, provocano delle reazioni fotochimiche secondarie che creano sostanze inquinanti (smog fotochimico): in particolare è un precursore dell'ozono troposferico e della componente secondaria delle polveri sottili. Per quanto riguarda l'ambiente, il meccanismo principale di aggressione è costituito dall'acidificazione del suolo (fenomeno delle piogge acide). Gli ossidi di azoto e i loro derivati danneggiano anche gli edifici e monumenti, provocando un invecchiamento accelerato in molti casi irreversibile.
- **Anidride solforosa (SO₂).** E' un gas prodotto dalla combustione di sostanze contenenti zolfo, quali il carbone e i derivati del petrolio (soprattutto gasolio e nafta). Le principali sorgenti di SO₂ sono il traffico veicolare (e in particolare i motori diesel), talune attività produttive, gli impianti di riscaldamento. L'SO₂ contribuisce alla produzione delle precipitazioni acide. Anche l'SO₂ ha effetti dannosi sull'apparato

respiratorio, soprattutto nei soggetti asmatici. L'azione principale operata dagli ossidi di zolfo ai danni dell'ambiente consiste nell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche con la conseguente compromissione dell'equilibrio degli ecosistemi interessati. Gli effetti corrosivi dell'acido solforico si riscontrano anche sui materiali da costruzione, sui metalli, sulle vernici, sui monumenti e sulle opere d'arte. A basse concentrazioni, il biossido di zolfo provoca un rallentamento nella crescita delle piante, mentre ad alte concentrazioni ne determina la morte fisiologica in maniera irreparabile.



- **Particolato totale sospeso (PTS).** E' costituito da particelle di natura oltremodo diversa, in fase solida o liquida, di diametro compreso tra 100 e 0.1 μm che possono contenere e veicolare metalli pesanti, composti chimici, ecc. Il materiale particellare include polvere, fumo, microgocce di liquido e in particolare le particelle con una dimensione inferiore ai 10 μm (PM10) che possono essere inalate direttamente a livello degli alveoli polmonari: si stima che circa il 60% delle polveri sospese di origine antropica sia prodotto dal traffico veicolare. Le sorgenti di produzione sono innumerevoli: oltre al traffico veicolare, abbiamo processi naturali, attività produttive, attività agricola, cantieri edili, processi di combustione incompleta, ecc. Il PTS ha numerosi e rilevanti effetti dannosi sulla salute, sia direttamente a livello broncopolmonare, sia in quanto favorisce l'accesso e la permanenza di diversi altri inquinanti nell'apparato respiratorio. Le polveri sospese favoriscono la formazione di nebbie e nuvole, costituendo i nuclei di condensazione attorno ai quali si condensano le gocce d'acqua. Di conseguenza favoriscono il verificarsi dei fenomeni delle nebbie e delle piogge acide, che comportano effetti di erosione e corrosione dei materiali e dei metalli. Il particolato inoltre danneggia i circuiti elettrici ed elettronici, insudicia gli edifici e le opere d'arte e riduce la durata dei tessuti. Le polveri possono depositarsi sulle foglie delle piante e formare così una patina opaca che, schermata la luce, ostacola il processo della fotosintesi.
- **Monossido di Carbonio (CO).** E' un gas inodore che si forma nella combustione incompleta dei composti del carbonio (combustibili solidi, liquidi e gassosi). Le principali sorgenti sono il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento e diverse attività produttive. La tossicità del CO si esprime nella provocazione di asfissia, con conseguenze potenzialmente mortali. Alle concentrazioni tipicamente esistenti nelle aree urbane ad alto traffico, il monossido di carbonio può causare l'aggravamento di problemi cardiovascolari e l'impedimento delle funzioni psicomotorie. La presenza di monossido di carbonio è fortemente legata ai flussi di traffico dalla figura si nota come l'andamento delle concentrazioni di CO misurato nei pressi della sezione di una strada durante l'arco della giornata è generalmente paragonabile a quello dei flussi veicolari che la percorrono.

- **Composti Organici Volatili (COV).** E' una categoria molto eterogenea di sostanze in cui sono compresi idrocarburi saturi o insaturi a molecola lineare, molecole più complesse, ecc. I processi naturali (decomposizione..) contribuiscono alla presenza nell'atmosfera di 1-2 ppm di metano e di 0.1 ppm di idrocarburi complessi; le principali fonti antropiche di COV sono soprattutto il traffico veicolare e le attività produttive che fanno uso di sostanze organiche (industria delle materie plastiche, verniciatura, lavaggio e sgrassaggio, produzione di solventi, stoccaggio e distribuzione di combustibili, impianti di combustione, ecc.); anche nelle quotidiane attività domestiche viene liberata una piccola quantità di COV. I COV in atmosfera reagiscono in modo altrettanto eterogeneo contribuendo allo smog fotochimico. La nocività di queste sostanze dipende dalla composizione chimica e oscilla tra prodotti non particolarmente tossici (come ad es. il metano) a prodotti di accertato effetto cancerogeno e mutageno.
- Oltre a questi inquinanti già regolamentati dalla legislazione nazionale in materia di tutela della qualità dell'aria, per talune fonti è stata considerata anche l'**Anidride carbonica (CO₂)**. L'anidride carbonica è un gas incolore, inodore e insapore, più pesante dell'aria, che si forma per ossidazione totale del carbonio in tutti i processi di combustione, respirazione, decomposizione di materiale organico; è indispensabile alla vita vegetale (fotosintesi clorofilliana) ed è praticamente inerte. La CO₂ è trasparente alla luce solare ma assorbe le radiazioni infrarosse emesse dalla superficie terrestre determinando il cosiddetto effetto serra. Variazioni di concentrazione di anidride carbonica in atmosfera, dovute a varie attività antropiche (combustione, deforestazione) sono attualmente considerate tra i responsabili di modifiche del clima.
- Infine, per il solo traffico veicolare, sono stati presi in considerazione anche tre inquinanti non convenzionali, attualmente considerati assai pericolosi per la salute e diventati oggetto di attenzione da parte degli organi di controllo: **Benzene**(composto aromatico cancerogeno, prodotto sia per evaporazione dalla benzina che per la sua incompleta combustione), **Toluene e Xilene** (spesso denominati sinteticamente BTX), idrocarburi aromatici di elevata tossicità, già impiegati in passato in diversi comparti produttivi. A questi vanno aggiunti gli **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** quali il Benzopirene, derivanti principalmente dai processi di combustione incompleta dei carburanti.
- **Ozono (O₃).** Gas incolore dall'odore pungente normalmente presente nell'aria atmosferica. I problemi di inquinamento dell'aria da ozono sono legati al significativo incremento che la concentrazione di questo gas subisce in zone immediatamente prossime al suolo a causa dei fenomeni di formazione dello smog fotochimico, di cui è importante costituente. La formazione avviene attraverso un processo di reazione chimica molto complesso (fotolisi del biossido di azoto causata dall'energia solare e soprattutto ossidazione dell' NO dovuta alle molecole di idrocarburi). L'ozono è dannoso per l'uomo e le altre specie animali in quanto è un irritante polmonare, riduce le funzioni dei polmoni ed aumenta la vulnerabilità dell'organismo nei confronti delle infezioni dell'apparato respiratorio. E inoltre tossico per alcune specie vegetali e dannoso per alcuni materiali

- **Altri composti fotochimici.** Le complesse reazioni di formazione dello smog fotochimico (a cui partecipano principalmente gli ossidi di azoto e gli idrocarburi volatili) producono, oltre all'ozono, un gran numero di altri composti organici: Acido nitrico, idrocarburi ossidati e nitrati (perossiacetilnitrati PAN) che causano irritazione agli occhi e danni alla vegetazione.
- **Composti del Piombo.** La principale causa della presenza di composti del piombo nell'atmosfera è connessa alla combustione nei veicoli.

Le emissioni di questi inquinanti non sono tutte soggette a normative. Distinguiamo:

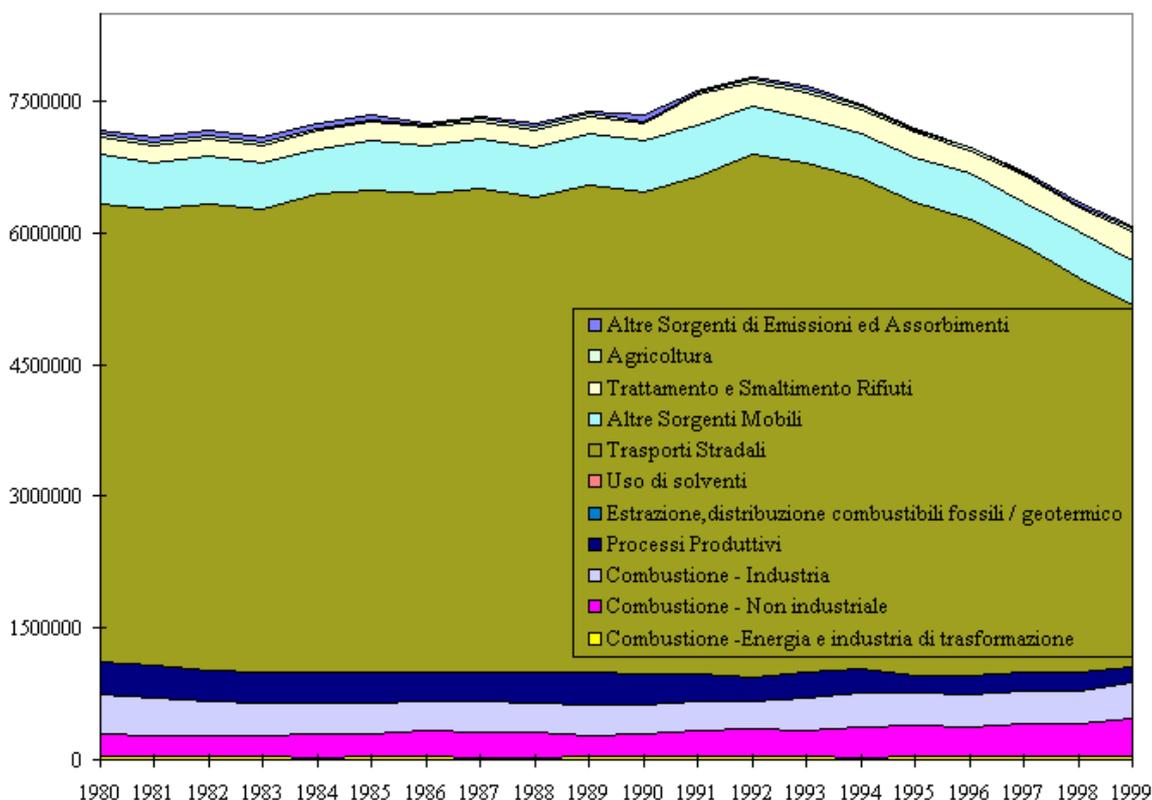
- **Inquinanti già regolamentati:** ossido di carbonio, ossidi di azoto, idrocarburi incombusti, PM10.
- **Inquinanti in corso di regolamentazione:** anidride carbonica.
- **Inquinanti non regolamentati:** anidride solforosa, benzene, composti organici volatili, aldeidi, PM5, PM2.5, IPA, diossine.

L'impatto ambientale del traffico veicolare dipende, in linea di principio, dai seguenti aspetti:

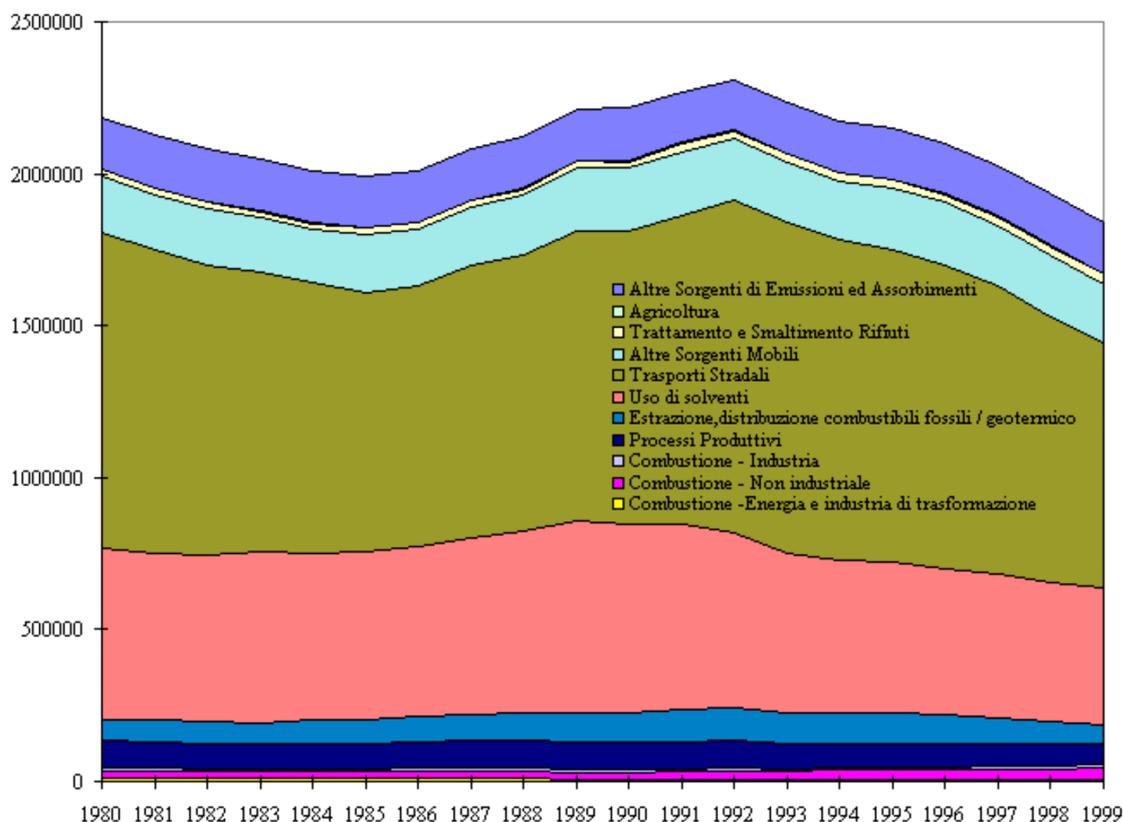
- tipologia del motore;
- condizioni di funzionamento del motore;
- qualità del combustibile;
- condizioni e caratteristiche del traffico.

Nei grafici che seguono sono riportate le emissioni di alcuni dei più importanti inquinanti per settore produttivo. Si vede chiaramente che in tutti e tre i casi di inquinanti considerati, i trasporti stradali sono la fonte principale delle emissioni.

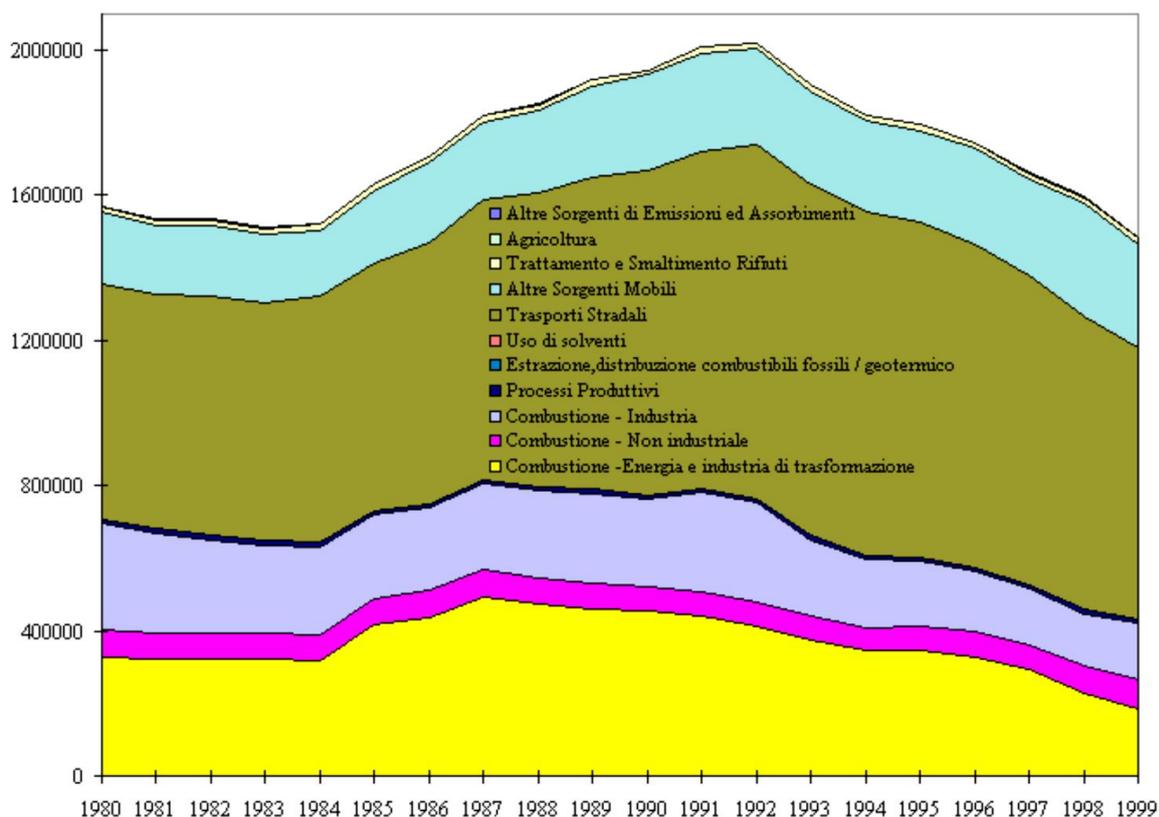
Emissioni di Monossido di Carbonio (CO) per macrosettore (Mg)



Emissioni di Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM) per macrosettore (Mg)



Emissioni di Ossidi di azoto (NO_x) per macrosettore (Mg)



2.3 - LA METODOLOGIA CORINAIR.

CORINAIR (COOrdination-INformation-AIR) è un inventario Europeo dei fattori di emissione in atmosfera da diverse tipologie di processi produttivi e di conversione energetica a livello industriale e domestico.

Le categorie di processi inclusi in questo inventario sono le seguenti:

- combustione nella conversione energetica e nell'industria di trasformazione
- combustione non industriale
- combustione nell'industria manifatturiera
- processi produttivi
- estrazione e distribuzione di combustibili fossili ed energia geotermica
- solventi ed altri prodotti d'uso
- trasporti stradali
- altre sorgenti mobili e macchinari
- trattamento di rifiuti e smaltimento
- agricoltura

La metodologia CORINAIR per la stima delle emissioni da traffico stradale è basata sul calcolo dei fattori di emissione dei principali inquinanti sulla base della definizione delle seguenti variabili:

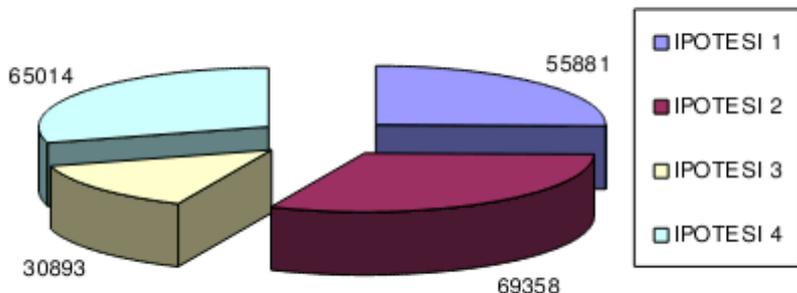
- TIPOLOGIA DI VEICOLO.
 - TIPO DI CARBURANTE (benzina o diesel);
 - CILINDRATA (per veicoli passeggeri e motocicli);
 - PESO (per i veicoli trasporto merci);
 - ANNO DI PRODUZIONE (in genere i veicoli prodotti da molto tempo usano delle tecnologie vecchie e non all'avanguardia, per cui le emissioni sono maggiori).
- VELOCITA' DI MARCIA.
- Esecuzione del CICLO DI RISCALDAMENTO.
- TIPO DI STRADA PERCORSO (urbana, rurale, autostrada) e LUNGHEZZA DEL TRATTO PERCORSO.
- TEMPERATURA AMBIENTE

Le strategie di miglioramento attuabili possono essere di diverso tipo e l'amministrazione deve scegliere quale possibilità seguire fra:

1. investire i fondi a disposizione per incentivare il rinnovo del parco macchine privato.
2. investire i fondi a disposizione per incentivare il rinnovo degli automezzi commerciali.
3. investire i fondi a disposizione per allargare la sede stradale e velocizzare il traffico che nell'ora di punta potrebbe raggiungere la velocità di 50 km/h, lasciando inalterato il parco macchine.
4. investire i fondi a disposizione per realizzare un incremento del trasporto pubblico.

Valutare quale delle strategie è più conveniente da un punto di vista ambientale stimando la produzione dei seguenti inquinanti: NO_x, CO, PM, VOC, Pb, CO₂ ed il consumo complessivo di combustibile, con riferimento all'ora di punta.

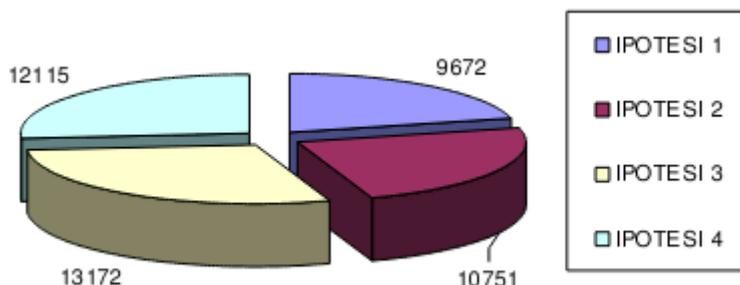
Distribuzione CO per le varie ipotesi



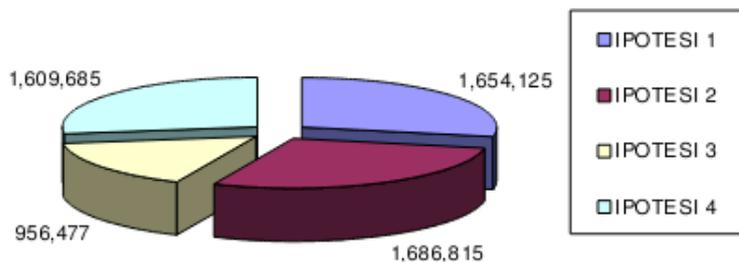
CO. L'ipotesi 2 (rinnovo mezzi commerciali leggeri e parco autobus) farebbe produrre i massimi valori di CO; l'ipotesi 3 (allargamento strada) è quella che ne farebbe produrre la minore quantità. Riguardo l'emissione di CO la soluzione migliore risulta quindi quella di velocizzare il traffico allargando la sede stradale.

NO_x. L'ipotesi 3 (allargamento strada) farebbe produrre i massimi valori di NO_x; l'ipotesi 1 (rinnovo parco macchine privato) è quella che ne farebbe produrre la minore quantità. Riguardo l'emissione di NO_x, la soluzione migliore risulta quindi quella di sostituire il parco macchine.

Distribuzione NO_x per le varie ipotesi



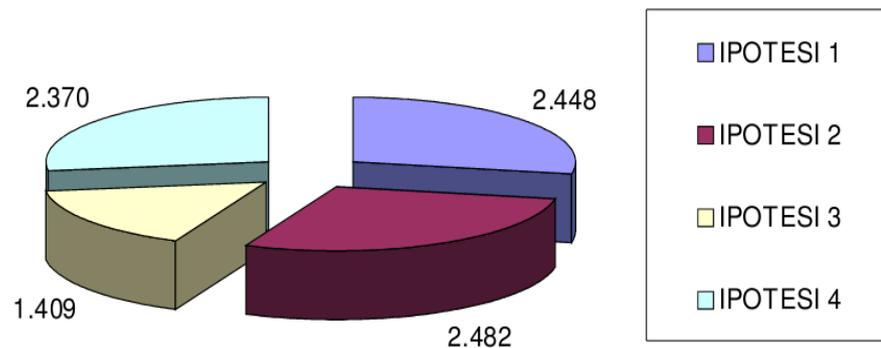
Distribuzione CO₂ per le varie ipotesi



CO₂. L'ipotesi 2 (rinnovo mezzi commerciali leggeri e parco autobus) farebbe produrre i massimi valori di CO₂; l'ipotesi 3 (allargamento strada) è quella che ne farebbe produrre la minore quantità. Riguardo l'emissione di CO₂, la soluzione migliore risulta quindi quella di velocizzare il traffico allargando la sede stradale.

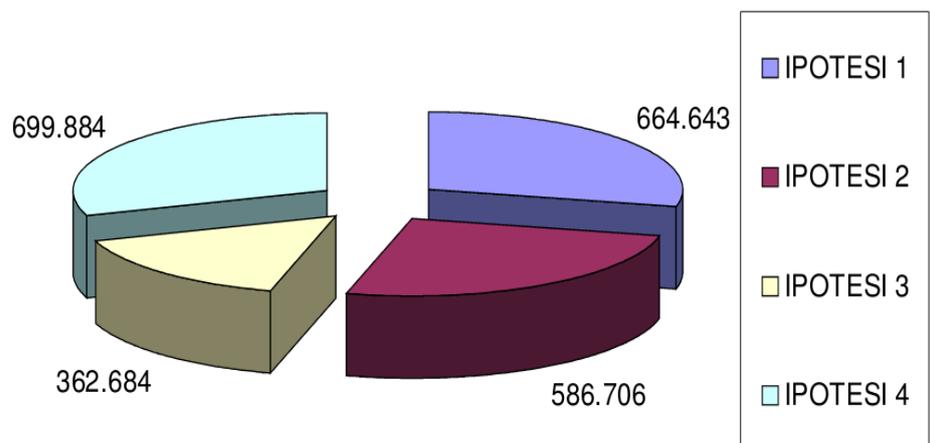
Piombo. L'ipotesi 2 (rinnovo mezzi commerciali leggeri e parco autobus) farebbe produrre i massimi valori di Pb; l'ipotesi 3 (allargamento strada) è quella che ne farebbe produrre la minore quantità. Riguardo l'emissione di Pb, la soluzione migliore risulta quindi quella di velocizzare il traffico allargando la sede stradale.

Distribuzione Pb per le varie ipotesi

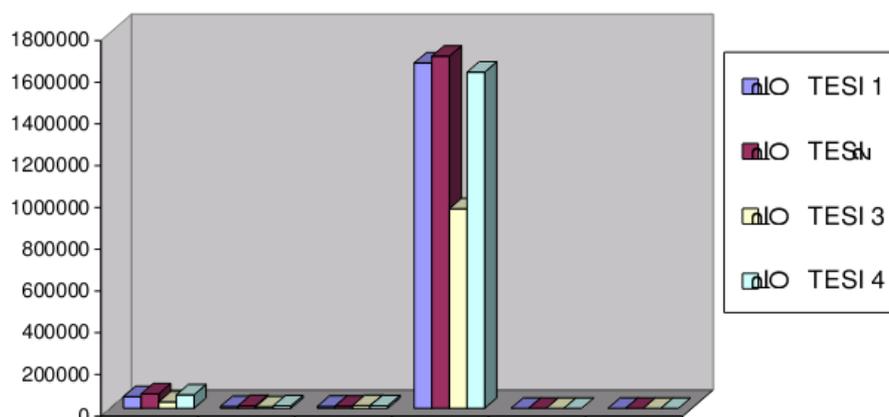


Polveri. L'ipotesi 4 (riduzione dei veicoli privati con incremento del trasporto pubblico) farebbe produrre i massimi valori di PM; l'ipotesi 3 (allargamento strada) è quella che ne farebbe produrre la minore quantità. Riguardo l'emissione di PM, la soluzione migliore risulta quindi quella di velocizzare il traffico allargando la sede stradale.

Distribuzione PM per le varie ipotesi



Dai risultati appare evidente che la soluzione più conveniente per l'Amministrazione comunale è quella volta all'ampliamento della sede stradale che consente una velocità maggiore nelle ore di punta facendo minimizzare le emissioni delle varie sostanze inquinante con un'eccezione per gli NOx.



3-LE NORMATIVE

3.1 - LE NORMATIVE AMBIENTALI DELLA UE

In ambito europeo si sono susseguite una serie di normative sui limiti di emissioni di inquinanti da fonti fisse e mobili e sono state presentate linee guida di carattere tecnologico per il contenimento delle emissioni:

- limiti Euro I, II, III, IV, V per autovetture;
- limiti Euro I, II, III per ciclomotori e motocicli;
- limiti Euro I, II, III, IV e V per mezzi pesanti.

Euro 1,2,3 e 4 indicano una serie di norme, emanate dall'Unione Europea, per regolare le emissioni di gas di scarico dei veicoli.

I numeri progressivi indicano i vari passaggi di adattamento, da parte delle case automobilistiche, per la realizzazione di vetture sempre meno inquinanti.

In generale si indicano con "PRE-EURO" i veicoli precedenti all'entrata in vigore della norma EURO 1, non catalizzati.

Euro 1: Direttiva Europea 91/441 - 93/59, in vigore per le auto di nuova omologazione dal 1/7/92, obbligava l'uso della marmitta catalitica e della alimentazione a iniezione, per rispettare i limiti alle emissioni imposti.

Euro 2: Direttiva Europea 94/12 - 96/69 - 98/77, in vigore per le auto di nuova omologazione dal 1/1/96 .

Euro 3: Direttiva Europea 98/69 - 98/77, in vigore per le auto di nuova omologazione dal 1/1/2000.

Queste non solo impongono minori emissioni allo scarico ma anche, per i benzina, l'EOBD (diagnosi di bordo che rileva malfunzionamenti e guasti che possono provocare anomali incrementi delle emissioni) e minori evaporazioni dall'impianto alimentazione del carburante.

Euro 4: Direttiva Europea 98/69 B, in vigore per le auto di nuova immatricolazione dal 1/1/2006, costituita dalla seconda parte della tabella dei limiti di emissione compresa nella medesima direttiva 98/69.

Euro 5: si applica ai veicoli stradali nuovi venduti nell'UE a partire dal 2009.

Euro 6: tale norma entrerà in vigore il primo settembre 2014 per l'omologazione di nuovi modelli, e diventerà obbligatoria dal primo gennaio 2016 per tutte le vetture immatricolate.

Benzina	Anno	CO	HC	NO _x	Particolato	U.M.
Euro 1	07/1992	2.72	0.97 HC + NO _x)	-	-	g/km
Euro 2	01/1996	2,2	0,5 (HC + NO _x)	-	-	
Euro 3	01/2000	2,3	0,2	0,15	-	
Euro 4	01/2005	1.0	0.10	0.08	-	
Euro 5	09/2009	1	0,075	0,06	0,005	
Euro 6	09/2015	?	?	?		

Diesel	Anno	CO	HC + NO _x	NO _x	Particolato	U.M.
Euro 1	07/1992	2.72	0.97	-	0.14	g/km
Euro 2	01/1996	1	0,7	-	0,08	
Euro 3	01/2000	0,64	0,56	0,5	0.05	
Euro 4	01/2005	0.50	0.30	0.25	0.025	
Euro 5	09/2009	0,5	0,25	0,2	0,005	
Euro 6	09/2015	?	0,17	?	?	

Nell'evoluzione dalla **direttiva 91/441** alla **direttiva 98/69** sono cambiati non solo i limiti di emissione, ma soprattutto le metodologie di prova e di misura; pertanto, alcuni valori della prima direttiva si raddoppierebbero se misurati secondo la direttiva 98/69.

EU Emission Standards for Passenger Cars, g/km

Tier	Year	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Diesel						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Petrol (Gasoline)						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-

† Values in brackets are conformity of production (COP) limits.
a - until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits)

3.2 - DIRETTIVA CE 98/70 SULLA QUALITÀ DI BENZINA E DIESEL.

La direttiva CE 98/70, recepita in Italia nel DPCM 434/2000, stabilisce le specifiche tecniche relative ai combustibili da utilizzare nei veicoli azionati da un motore ad accensione comandata o da un motore ad accensione per compressione.

Dal 2000 la commercializzazione della benzina contenente piombo è vietata, è stato definito il contenuto massimo di zolfo nelle benzine che deve scendere da 500 a 150 ppm e nel gasolio da 500 a 350 ppm. Nel 2008, è entrato in vigore l'accordo volontario fra l'Associazione delle Industrie Europee dell'Auto e

l'Unione Europea per limitare le emissioni di anidride carbonica della media della auto prodotte da ogni casa a 140 grammi per chilometro.

Questo significa che la media di consumo medio dei modelli a benzina dovrebbe essere di 5,9 litri/100 km e per i diesel 5,3 litri/100 km.

Le case hanno quindi aumentato l'offerta di modelli diesel e a metano. Sono proposte anche versioni ibride (motore termico abbinato a uno elettrico). Inoltre (entro il 2013, i fornitori devono immettere sul mercato benzina con un tenore massimo di ossigeno del 2,7% e un tenore massimo di etanolo del 5%.

3.3 - NORMATIVA IN ITALIA

Prima dell'entrata in vigore del decreto legislativo 258/1992 (nuovo codice della strada) mancava una disciplina organica in materia. Il nuovo codice della strada, completato col regolamento di esecuzione e di attuazione emesso con D.P.R. 495/1992, ha disciplinato le emissioni inquinanti dei veicoli nuovi o già in circolazione nella I sezione del capo III del Titolo III intitolato "Norme costruttive e di equipaggiamento e accertamenti tecnici per la circolazione" dei veicoli a motore abrogando, a partire dal 1° gennaio 1993, il capo VI della

615/1966. In particolare, l'art. 71 del c.d.s. rimanda al regolamento la definizione delle caratteristiche costruttive e funzionali dei veicoli a motore che interessano la protezione dell'ambiente, integrate da decreti del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare che stabilisce altresì periodicamente le prescrizioni tecniche relative alle dette caratteristiche. Tuttavia, qualora i decreti si riferiscano a disposizioni oggetto di direttive comunitarie, le prescrizioni tecniche saranno quelle contenute nelle predette direttive. L'art. 227 del regolamento rinvia all'appendice V per l'elencazione delle prescrizioni tecniche, stabilite sulla base dei limiti massimi di accettabilità delle emissioni inquinanti nell'atmosfera, fissati con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con i Ministeri ivi indicati. Per i veicoli già in circolazione il riferimento normativo è l'art. 79 del c.d.s. Tale articolo, infatti, stabilisce che i veicoli in circolazione debbano essere tenuti in condizioni di massima efficienza, tale da garantire la sicurezza e la limitazione delle emissioni inquinanti, esso rinvia all'art. 237 del regolamento per l'individuazione delle prescrizioni tecniche dettate nell'apposita appendice VIII, che a sua volta impone il rispetto dei valori limite stabiliti dalla direttiva 92/54/CEE. Da quanto esposto si evidenzia la differente regolamentazione per i limiti delle emissioni a seconda che l'accertamento riguardi la fase di omologazione del veicolo (per la quale la legge rinvia a decreti ministeriali), o il veicolo già in circolazione (per i quali si guarda a quelli previsti dalla direttiva 92/54 CEE).

In caso di inottemperanza alle disposizioni citate, gli articoli 71 e 79 c.d.s. prevedono un regime sanzionatorio di natura amministrativa (potendo tuttavia operare la disciplina dell'art. 674 del codice penale ove ne ricorrano i presupposti). Per quanto riguarda l'autorità competente a risolvere l'emergenza smog nelle città, essa è sicuramente identificabile nella figura del sindaco. Il D.Lgs 155/2010, che ha riordinato la materia dei provvedimenti sindacali in caso di superamento dei valori limite o delle soglie di allarme relativi alle sostanze inquinante, all'articolo 11 stabilisce che spetta ai Sindaci attuare le previsioni contenute nei piani d'azione regionali e provinciali in merito alla limitazione della circolazione dei veicoli a motore; in caso di inerzia, vi provvedono in via sostitutiva le Regioni e le Province autonome o la diversa autorità da questa individuata.

Possono essere adottate dai sindaci le seguenti misure:

- la sospensione temporanea della circolazione di tutte o di alcune categorie di utenti sulle strade o su tratti di esse;
- le prescrizioni di obblighi, divieti e limitazioni di carattere temporaneo o permanente per ciascuna strada o tratto di essa, o per determinate categorie di utenti, in relazione alle esigenze della circolazione o alle caratteristiche strutturali delle strade;
- l'attribuzione di corsie, anche protette, a determinate categorie di veicoli, anche con guida di rotaie, o a veicoli destinati a determinati usi;
- i divieti, le limitazioni o la subordinazione al pagamento di una somma per il parcheggio o la sosta dei veicoli;
- i divieti temporanei di sosta su strade, da rendere noti con i prescritti segnali non meno di 48 ore prima ed eventualmente con altri mezzi appropriati.

4-STRUMENTI DI RIDUZIONE DEL TRAFFICO VEICOLARE.

Ormai è noto come l'inquinamento atmosferico sia un problema sempre più presente in Italia e nel resto del mondo. Il compito più importante, per tentare di ridurre l'inquinamento atmosferico, spetta alle Nazioni Unite (**protocollo di Kyoto**: trattato internazionale in materia ambientale stipulato tra più di 180 stati per ridurre le emissioni di gas inquinanti e di CO₂). Anche in Italia si sta cercando di proporre modelli per ridurre l'inquinamento da traffico veicolare. Il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare ha provveduto ad avviare le cosiddette "Domeniche ecologiche"; tale iniziativa consiste nell'individuazione di alcune giornate durante le quali, nei comuni che vi aderiscono, viene interdetto il traffico urbano privato.

La nostra regione ha cercato di attuare anche queste iniziative, in particolare Palermo che anni fa ha promosso le ZTL ovvero zone a traffico limitato, prefiggendosi l'obiettivo di contenere l'inquinamento nelle zone ad alto traffico veicolare. Il sistema funziona nel modo seguente:

- nelle ZTL A viene consentita la circolazione dalle ore 8,00 alle 20,00 esclusivamente ai veicoli che siano almeno Euro 3, mentre ai residenti che rientrano nella zona delimitata dall'ordinanza del sindaco sarà consentita la circolazione anche a veicoli di classe inferiore;
- nelle ZTL B: viene consentita la circolazione dalle ore 8,00 alle 20,00 ai veicoli almeno di classe Euro 1, mentre ai residenti sarà consentito di circolare, sempre nella zona delimitata dall'ordinanza del sindaco, anche con veicoli inferiori alla classe Euro 1.
- Infine, all'interno delle zone ZTL A e B possono circolare motocicli e ciclomotori catalizzati, ai sensi della direttiva CE 97/24 (euro 1) e tutti i motocicli 4 tempi, naturalmente che siano in ordine per quanto riguarda la revisione periodica.

Nell'ambito di tale programmazione vengono poi promossi appositi progetti rivolti alla sensibilizzazione ed all'informazione dei cittadini sulle tematiche della mobilità sostenibile.

Le amministrazioni pubbliche sono i principali responsabili della promozione e dell'organizzazione della mobilità sostenibile; gli interventi sono finalizzati a ridurre la presenza degli autoveicoli privati negli spazi urbani per favorire la mobilità alternativa che in ordine d'importanza viene svolta:

- a piedi;
- in bicicletta;
- con i mezzi di trasporto pubblico (autobus, tram, sistema ferroviario metropolitano);
- con i mezzi di trasporto privato condivisi (car pooling e car sharing)
- la combinazione ottimale di vari sistemi di trasporto

Le città dove le politiche di sostenibilità dei trasporti hanno avuto più successo sono state quelle nelle quali le diverse tipologie di intervento sono state applicate in maniera integrata, in modo da rinforzarsi l'una con l'altra. Tra gli interventi più efficaci si cita il potenziamento del trasporto pubblico locale (con corsie riservate e vie preferenziali, sistemi di integrazione tariffaria, strumenti per l'infomobilità) e l'adozione di specifici strumenti di pianificazione (Piano Urbano della Mobilità).

Esistono inoltre altri interventi innovativi che si stanno lentamente diffondendo:

- sviluppo della mobilità pedonale: favorire l'accessibilità e la fruizione universale degli spazi pubblici, attraverso la redazione di pediplan, interventi di eliminazione delle barriere architettoniche nei percorsi e la realizzazione dei percorsi sicuri casa-scuola e del pedibus.
- sviluppo della mobilità ciclabile: redazione di biciplan, la costruzione di piste ciclabili e l'implementazione di servizi di biciclette pubbliche condivise.
- politiche di tariffazione e pedaggi: pedaggio urbano (accesso a pagamento in particolari zone urbane), park pricing (sosta a pagamento); park and ride (agevolazione nell'interscambio tra automobile e mezzo pubblico).

Alla base di queste misure ci sono tre principi di riferimento:

- migliorare i servizi di prossimità, in modo tale da ridurre la necessità di spostamenti automobilistici, sia in termini numerici che di distanze;
- destinare una parte della superficie stradale alla mobilità di tipo sostenibile, a scapito dei veicoli privati, riducendo in questo modo il costo generalizzato del trasporto sostenibile;
- realizzare una rete intermodale di trasporto che consenta spostamenti più veloci di quelli realizzati dagli autoveicoli privati.

Sono stati organizzati anche servizi per la comunità come la condivisione di automobili e bici, stazioni di ricarica per chi possiede auto elettriche, il miglioramento o lo sviluppo di nuove aree ciclabili e pedonali. Con una gestione mirata del traffico e dei trasporti e la costruzione di attività commerciali e servizi pubblici in aree facilmente raggiungibili a piedi o con mezzi pubblici, hanno fatto sì che l'utilizzo di auto o altri mezzi di trasporto si riducesse al minimo.

In ambito europeo, le principali direttive in tema di mobilità sostenibile sono

- la direttiva 2006/38/CE, relativa trasporto di merci su strada, che impone di calibrare i pedaggi autostradali in base al carico inquinante dei mezzi ed all'ora di utilizzo delle infrastrutture;
- la direttiva 2008/68/CE (che sostituisce le direttive 94/55/CE, 96/49/CE, 96/35/CE, 2000/18/CE, 2005/263/CE), che punta ad aumentare la sicurezza nel trasporto di merci pericolose su strada, ferrovia e vie navigabili interne;

- la direttiva 2009/33/CE, che impone di considerare l'impatto energetico ed ambientale dei veicoli nel corso dell'intero ciclo di vita;
- il Piano d'azione per la mobilità urbana, nel quale si propongono venti azioni per supportare gli Enti Pubblici nella realizzazione dei rispettivi obiettivi di mobilità sostenibile.

Sempre in ambito di mobilità sostenibile introduciamo adesso il concetto di **car sharing** con il quale si intende un servizio che permette di utilizzare un'automobile su prenotazione, prelevandola e riportandola in un parcheggio, e pagando in ragione dell'utilizzo fatto.

L'auto condivisa rende invece i costi relativi all'uso dell'auto prevalentemente dipendenti dall'utilizzo, distribuendo invece i costi fissi tra più persone in modo da abbattere significativamente la quota di costo fisso sostenuto da ogni utente. In tal modo si percepisce il vero costo dell'auto ogni volta che si deve decidere di usarla (o, viceversa, l'effettivo risparmio che si otterrebbe non usandola). Di conseguenza, usare un'auto in condivisione, invece che una di proprietà, tende a ridurre l'utilizzo.

La filosofia del car sharing è alla base dei progetti di van sharing, dedicati al trasporto delle merci in ambito urbano. Il van sharing è una metodologia di distribuzione delle merci in ambito urbano basata sulla condivisione di una flotta di veicoli da parte di più operatori (analogamente al sistema di car sharing, dedicato alla mobilità delle persone). Numerosi sono i benefici e le economie realizzabili implementando un servizio di van sharing.

Adottare sistemi di questo tipo produrrebbe vantaggi per la collettività quali:

- riduzione del numero di automobili parcheggiate su strada;
- rotazione rapida del materiale: le automobili in condivisione vengono utilizzate intensivamente, e quindi tendono a essere rinnovate con frequenza superiore rispetto alle automobili private che vanno a sostituire. Gli utenti guideranno quindi auto più recenti di quelle di cui sarebbero stati proprietari in assenza del servizio ricavandone diversi vantaggi come una maggiore sicurezza stradale (le auto più recenti sono tendenzialmente tecnologicamente più sicure)
- impatto ambientale: si godranno dei più recenti progressi tecnologici in termini di emissioni e consumi;
- le automobili verranno dismesse per usura e non per invecchiamento, e quindi ciascuna potrà sviluppare un chilometraggio maggiore.

Viste le numerose agevolazioni per la comunità urbana, i Comuni, di concerto con le aziende di trasporto pubblico locale), tendono in genere a favorirne l'uso, trovando ulteriori vantaggi:

- l'uso delle corsie preferenziali e l'accesso gratuito alle ZTL;
- la sosta gratuita in centro;
- la possibilità di circolare anche in periodi di limitazione del traffico (es. targhe alterne, blocchi della circolazione per superamento delle soglie inquinanti ecc.).

In Italia e nel mondo i servizi di car sharing stanno rapidamente evolvendo verso nuovi modelli di utilizzo, basati su auto elettriche e senza il vincolo del parcheggio fisso per partenza ed arrivo. Tra le iniziative più interessanti, si segnalano il **Progetto Car2Go**; ad oggi attivo in Italia, Germania, Israele e Stati Uniti d'America. Offre il notevole vantaggio di poter effettuare spostamenti di sola andata, lasciando l'auto in un punto diverso da quello di partenza. Il pagamento per il servizio viene calcolato in base ai minuti di utilizzo, indipendentemente dai chilometri percorsi (tranne alcune eccezioni) e il **Progetto Autolib**: in fase di preparazione a Parigi, per il quale si prevede una flotta di 4.000 auto elettriche da disseminare in città, anche in questo caso con la possibilità di lasciare l'auto in un parcheggio diverso da quello di partenza.

Tra le più interessanti esperienze in Italia, si ricordano:

- **Bologna**: il Progetto VanSharing sarà costituito da una piattaforma software e da 30 mezzi a basso impatto che potranno utilizzare apposite aree dedicate per il carico delle merci;
- **Torino**: come nel caso del car sharing, gli operatori avranno diverse agevolazioni a livello di accessibilità al centro città (sosta gratuita, accesso alla ZTL, corsie preferenziali, libera circolazione con targhe alterne). Potranno inoltre usare i veicoli del servizio car sharing di Torino. Anche la struttura tariffaria sarà analoga a quella del car sharing.

5-STRUMENTI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

5.1 - COMBUSTIBILI ALTERNATIVI

Molti dei problemi di inquinamento dell'aria delle città derivano dalle emissioni dei motori a benzina e inoltre la combustione dei combustibili fossili produce grande quantità di gas serra. Per questi motivi i ricercatori sviluppano dei combustibili alternativi la cui combustione comporti un minore impatto sull'ambiente, alcuni di questi combustibili sono anche rinnovabili.

- **Benzina**

Il petrolio è una miscela complessa di migliaia di composti diversi molti dei quali sono idrocarburi.

I tipi più abbondanti di idrocarburi di solito appartengono alla serie degli alcani, inoltre sono contenuti anche quantità rilevanti di cicloalcani .

Il toluene è benzene in cui un atomo di idrogeno è stato sostituito da un gruppo metile mentre gli xileni sono tre isomeri contenenti due gruppi metile. L'insieme dei componenti benzene, toluene e xilene della benzina è detto BTX. Il BTX è il componente del petrolio maggiormente tossico per gli organismi acquatici.

Inoltre il petrolio contiene solfuro di idrogeno e zolfo. Lo zolfo presente nei combustibili, durante la combustione viene convertito in biossido di zolfo, un pericoloso inquinante se viene liberato nell'aria .

- **Intensificatori di ottano**

La benzina è costituita da alcani e da cicloalcani, ad essa può essere aggiunto il piombo tetrametile che aumenta il numero di ottano nella benzina.

Questi additivi oggi sono stati eliminati per i rischi ambientali dovuti al piombo.

In alcuni paesi , i composti contenenti il piombo sono stati sostituiti da piccole quantità di un composto organico del manganese detto MMT, però l'uso dell'MMT è stato controverso per ragioni legate ai suoi rischi per la salute. L'alternativa all'uso di additivi a base di piombo o manganese per aumentare il numero di ottani è quello di mescolare la benzina con alcani o BTX. Però i BTX causano l'inquinamento fotochimico dell'aria.

- **Combustibili ossigenati: l'etanolo**

L'etanolo, detto anche "alcol etilico", può essere ottenuto dalla fermentazione da piante da raccolto costituite prevalentemente da carboidrati, amido, zuccheri o cellulosa. L'etanolo ottenuto dalla fermentazione è una soluzione diluita, il cui principale componente è l'acqua.



Per essere utilizzato come combustibile, la soluzione di etanolo deve essere distillata separando l'alcol dall'acqua (vaporizzazione) mediante un elevato impiego di energia termica. Vengono prodotte quantità rilevanti di etanolo a partire dall'amido derivante da granturco, grano e canna da zucchero.



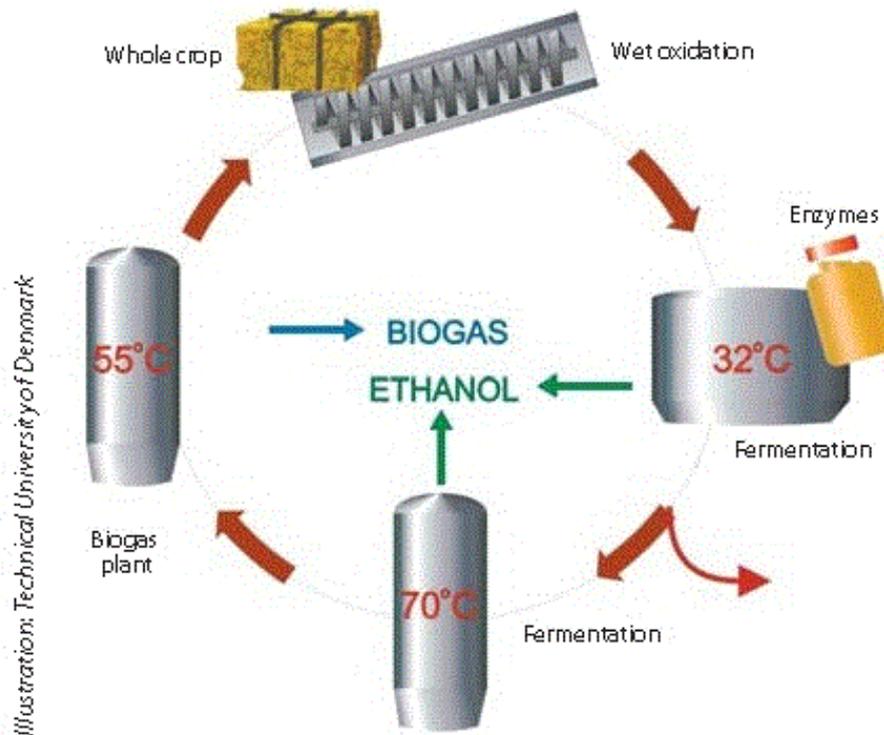
Tuttavia la combustione di biomassa e l'elevata dispersione dei prodotti di scarto rendono impossibile il suo utilizzo, poiché causano inquinamento dell'aria da particolato e inquinamento idrico.

Per la produzione di etanolo vengono utilizzati solo i chicchi del granturco che contengono amido, il resto della pianta è cellulosa. Quindi è necessario demolire il polimero della cellulosa in glucosio prima che possa avere inizio la fermentazione. Ad oggi, risulta difficile e costoso produrre gli enzimi capaci di realizzare tale degradazione.

Esiste tuttavia la potenzialità di produrre etanolo da altre fonti di cellulosa, in particolare il legno duro. Quest'ultimo può essere fatto crescere su terreni attualmente non utilizzati per produzioni agricole. Coltivazioni di piante a legno duro richiedono molti meno fertilizzanti e pesticidi rispetto al granturco e possono produrre molta più biomassa per unità di superficie coltivata.

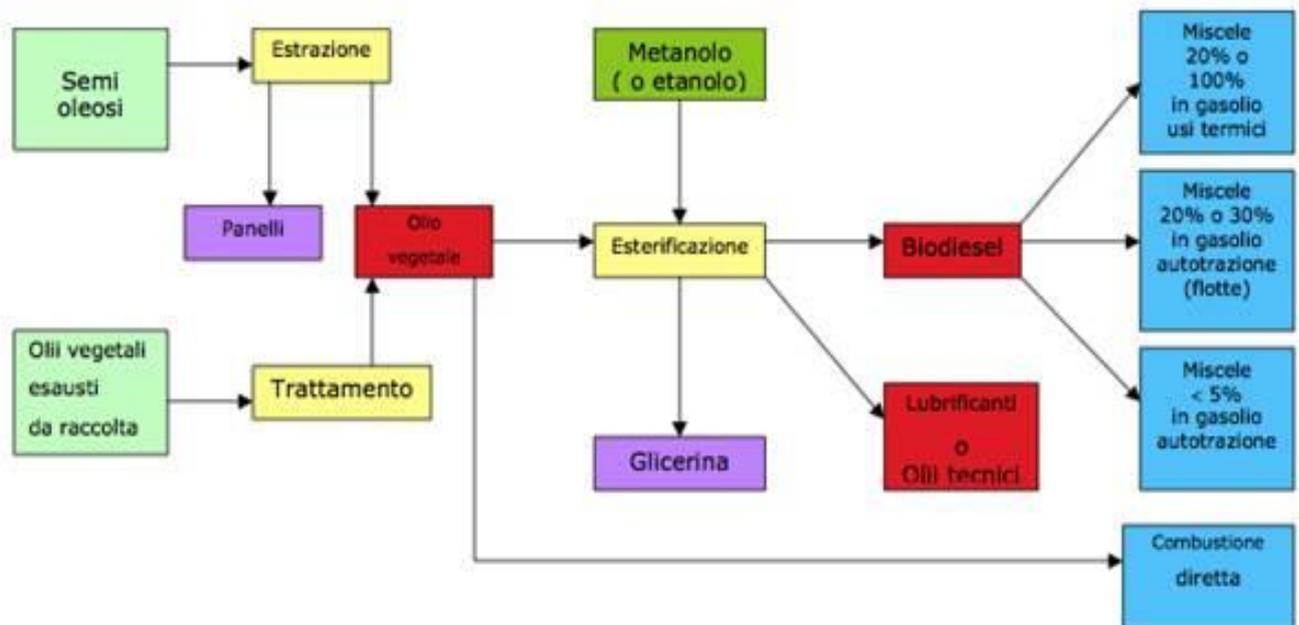
La lignina, un componente del legno non fermentabile, può essere disidratata meccanicamente e quindi bruciata per fornire l'energia per la fase di distillazione.

Inoltre è possibile utilizzare come materiale di partenza gli scarti della lavorazione della carta, a tale scopo sono stati ottenuti batteri geneticamente modificati con geni per enzimi da lievito che trasformano efficientemente in etanolo carta mescolata ad acidi diluiti.



Alcoli ed eteri come combustibili per veicoli

Gli alcoli possono essere usati in forma pura o come componenti di miscele che comprendono la benzina, indicati con le sigle M(per metanolo) oppure E(etanolo) unite a un pedice che indica la percentuale di alcol presente nella miscela.



Sono state espresse preoccupazioni circa la sicurezza del metanolo come combustibile per i veicoli data la tossicità di questo composto.

L'uso del metanolo come combustibile potrebbe essere pericoloso perché coinvolge concentrazioni molto elevate di tale alcol.

Gli svantaggi derivanti dall'uso degli alcoli come combustibile sono:

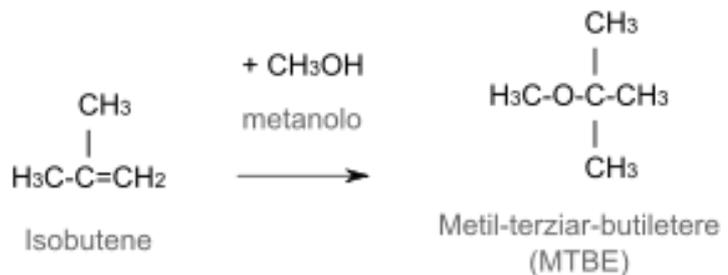
- Il metanolo è solubile nella benzina solo nella misura massima di circa il 15%. Quantità maggiori di metanolo formano un secondo strato diverso da quello della miscela. Quindi vengono utilizzati degli additivi che impediscono la separazione di fase.
- l'energia di combustione per litro di prodotto è sensibilmente minore di quella generata da una quantità equivalente di benzina;
- non può essere usato per alimentare i tradizionali motori delle automobili perché attacca e corrode alcune componenti del motore e il serbatoio del carburante;
- causa l'aumento delle concentrazioni nell'aria dell'importante inquinante perossiacetilnitrito (PAN).

Tuttavia gli alcoli possiedono anche alcuni vantaggi:

- sono combustibili a numero di ottano intrinsecamente elevato, per questo vengono impiegati per aumentare la potenza di alcune auto;
- in caso di incidente con rottura di serbatoio il metano ha la caratteristica di vaporizzarsi e disperdersi più velocemente della benzina;
- provocano emissioni minori di sostanze inquinanti, in particolare monossido di carbonio, alcheni, idrocarburi aromatici e particolati, rispetto a quelli prodotti da veicoli alimentati a benzina pura, con gasolio o privi di convertitori catalitici;
- Il metanolo può essere utilizzato per produrre etere dimetilico, che è stato provato come possibile sostituto del combustibile per motori diesel in camion e autobus. Questo etere è atossico e si degrada facilmente nell'atmosfera. La sua combustione produce in misura minima materia particolata a base di fuliggine rispetto alle quantità prodotte dai combustibili per motori diesel.

- L'MTBE come additivo dei carburanti

Il metanolo viene anche utilizzato per produrre gli additivi ossigenati della benzina noti come MTBE, metil tert-butil etere, e ETEE, etil tert-butil etere, la cui produzione è più costosa.



L' MTBE viene utilizzato nella benzina senza piombo per ridurre l'inquinamento dell'aria da monossido di carbonio e da idrocarburi incombusti .

Rispetto all'etanolo ha un numero di ottano maggiore e non evapora facilmente, tuttavia anche la sua combustione può produrre una quantità maggiore di aldeidi e di altri inquinanti dell'aria contenuti ossigeno rispetto agli idrocarburi. Un altro problema associato all'uso dell' MTBE, causato dall'insolubilità in acqua che lo rende assai mobile nel terreno e nel acque del sottosuolo, è la contaminazione delle acque di pozzo, provocata dalle perdite che percolano sotto terra dai serbatoi dei veicoli, quelle che fuoriescono dalle condutture, dai rifornimenti di benzina alle stazioni di servizio e dagli incidenti tra i veicoli. Esso è anche molto persistente alla degradazione biologica, la sua emivita è dell'ordine di anni.

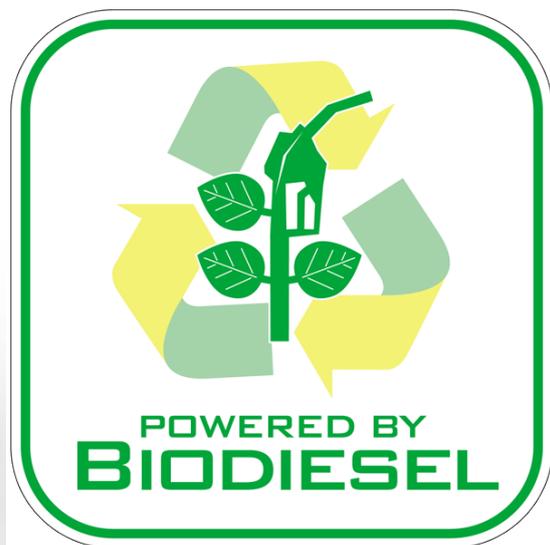
- **Biocombustibili**



L'*International Energy Agency (IEA)* ha riassunto una serie di studi sulle caratteristiche di riduzione dei gas serra di vari biocombustibili, cioè combustibili derivati da materiale vegetale attuale.

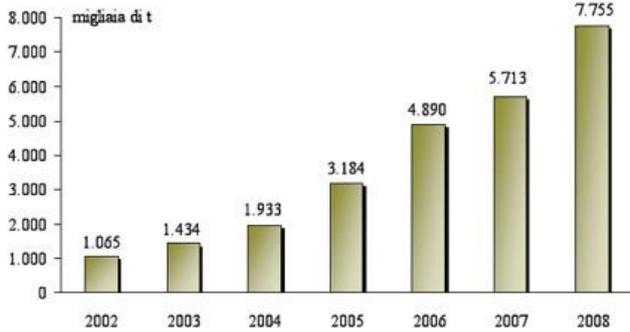
La tecnologia dei biocombustibili più promettente sia per la produzione di energia utilizzabile sia per un sostanziale abbassamento delle emissioni di gas serra è l'uso della gassificazione del legno per generare metanolo o elettricità. La gassificazione produce gas di sintesi da cui può essere ottenuto metanolo, oppure la miscela può essere bruciata per produrre calore con cui generare elettricità.

Un altro biocombustibile che ha trovato vari impieghi è il biodiesel, un olio vegetale, successivamente esterificato che può essere utilizzato per alimentare i motori diesel senza che questi debbano essere successivamente modificati.

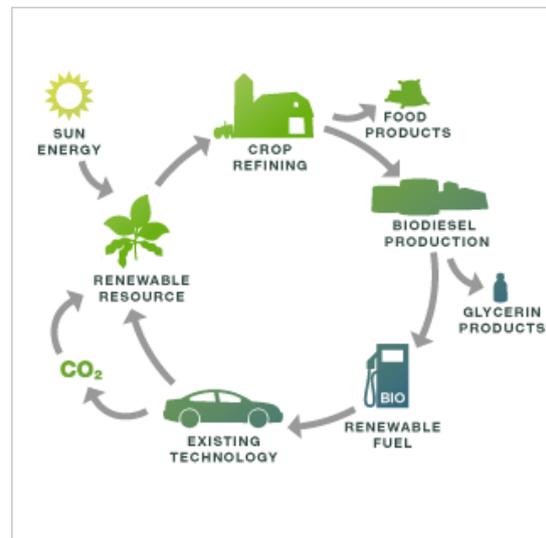


A causa dell'energia utilizzata per la sua produzione e delle emissioni di ossido nitroso associate alla produzione dei fertilizzanti, la riduzione di equivalenti di CO₂ che accompagna l'uso di questo combustibile non è molto grande ed è confrontabile con quella ottenuta utilizzando l'etanolo prodotto dal granturco.

Fig. 1 - Produzione di biodiesel nei Paesi dell'Unione Europea. Anni 2002-2008



Fonte: European Biodiesel Board, 2009



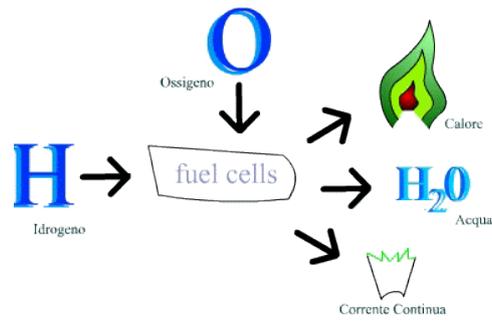
- **Idrogeno: il combustibile del futuro?**



Il gas idrogeno può essere utilizzato come combustibile allo stesso modo dei composti contenenti carbonio. L'idrogeno gassoso si combina con il gas ossigeno producendo acqua in un processo che libera una notevole quantità di energia. Ha già trovato impiego come combustibile in applicazioni in cui è essenziale la leggerezza.

- **Combustione dell'idrogeno**

Il gas idrogeno può essere combinato con l'ossigeno per produrre calore attraverso la tradizionale combustione con fiamma oppure per combustione a bassa temperatura in stufe catalitiche.

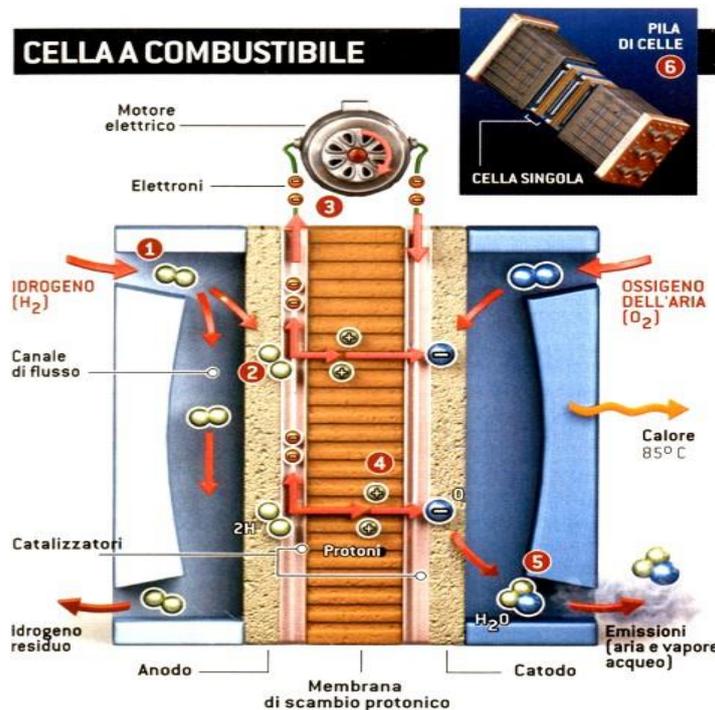


I principali vantaggi derivanti sono l'utilizzo ridotto di massa per unità di energia prodotta e la minore quantità di gas inquinanti prodotti dalla sua combustione rispetto a quella che si accompagna alla combustione di altri combustibili.

Tuttavia l'azoto reagisce formando ossidi di azoto (NO_x) e perossidi di idrogeno (H_2O_2), quindi i veicoli alimentati a idrogeno non sono sistemi a emissioni zero.

- **Generazione di elettricità con celle a combustibile alimentate a idrogeno**

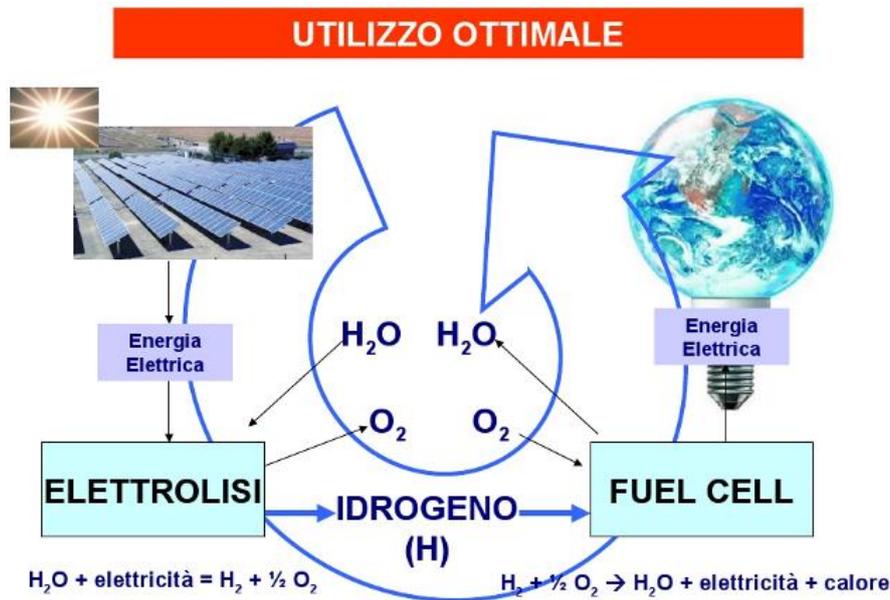
E' possibile combinare idrogeno e ossigeno nelle celle a combustibile per produrre elettricità. I vantaggi sono la generazione di una forma di energia maggiormente utilizzabile (elettricità invece di calore) e l'assenza di gas inquinanti come prodotti secondari, quindi l'unico prodotto di reazione dovrebbe essere l'acqua.



Sebbene le auto elettriche attualmente presenti in commercio siano alimentate con batterie, i futuri miglioramenti della tecnologia potrebbero portare alla loro sostituzione con celle a combustibile.

Alcuni degli incentivi allo sviluppo di veicoli alimentati con celle a combustibile a idrogeno sono:

- riduzione dello smog cittadino, in parte dovuto alle emissioni delle automobili alimentate a benzina e con motore a diesel;
- riduzione del consumo di energia dovuto ad una maggiore efficienza nella produzione di potenza destinata al movimento dei motori a combustione;
- riduzione delle emissioni di biossido di carbonio.

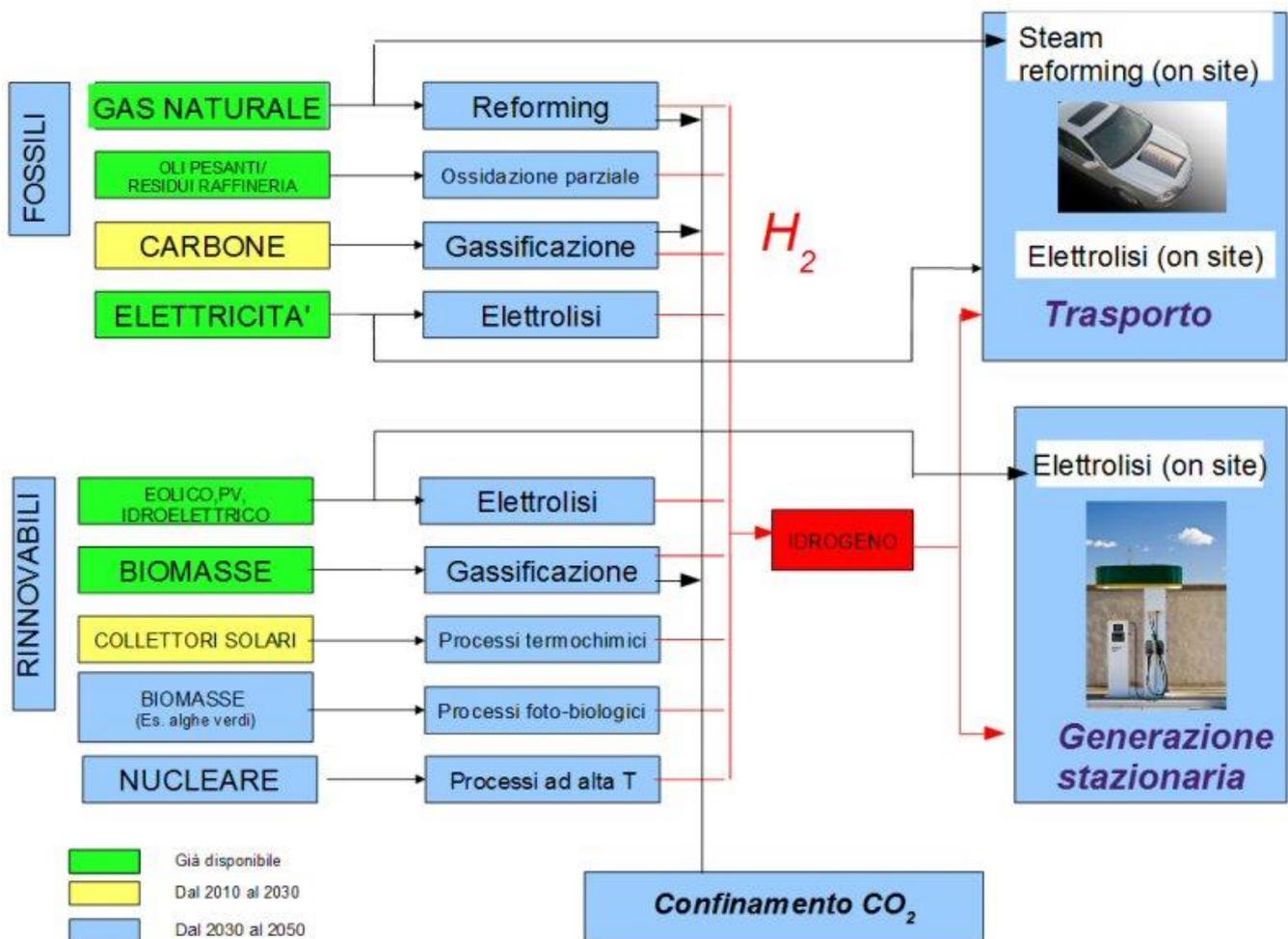


- **Ottenimento da combustibili liquidi dell'idrogeno utilizzato nelle celle a combustibile**

Per la limitata praticabilit  di trasportare l'idrogeno in singole automobili o camion, vi   un'intensa ricerca nella progettazione di sistemi che ne permettano l'estrazione, quando   necessario, da combustibili liquidi molto pi  semplici da trasportare .

Nel prossimo futuro l'idrogeno potr  essere ottenuto direttamente a bordo, quando necessario, dal metanolo liquido per decomposizione di questo in idrogeno gassoso attraverso l'inverso della reazione di formazione del metanolo.

Recentemente   stato sviluppato un processo simile che trasforma benzina o combustibile per motori a diesel in biossido di carbonio e idrogeno. Quest'ultimo pu  essere utilizzato per alimentare le celle a idrogeno montate sui veicoli. Sfortunatamente le attuali celle a combustibile PEMFC, alcaline e ad acido fosforico richiedono tutte idrogeno relativamente puro che sia privo in modo particolare di monossido di carbonio, gas che si forma nel processo di reforming ed   difficile da eliminare completamente.



- **Automobili elettriche alimentate a batteria**

Un'alternativa ai veicoli alimentati con celle a combustibile è rappresentata da quelli alimentati con batterie. Alcuni tipi di auto elettriche sono già stati prodotti e molti di questi utilizzano una serie di batterie a piombo-acido. In futuro, le auto elettriche probabilmente utilizzeranno batterie al nickel-cadmio, nickel-idruro metallico o a base di litio. Le difficoltà pratiche che scoraggiano una più larga diffusione dell'uso di queste vetture sono il loro costo elevato, la ridotta autonomia tra una ricarica e l'altra delle batterie, la lunghezza del tempo di ricarica e il peso delle batterie. Come i sistemi con cella a combustibile, anche le batterie hanno l'attrattiva di essere a emissione zero, di produrre un modesto rumore durante il funzionamento e di avere bassi costi di manutenzione.

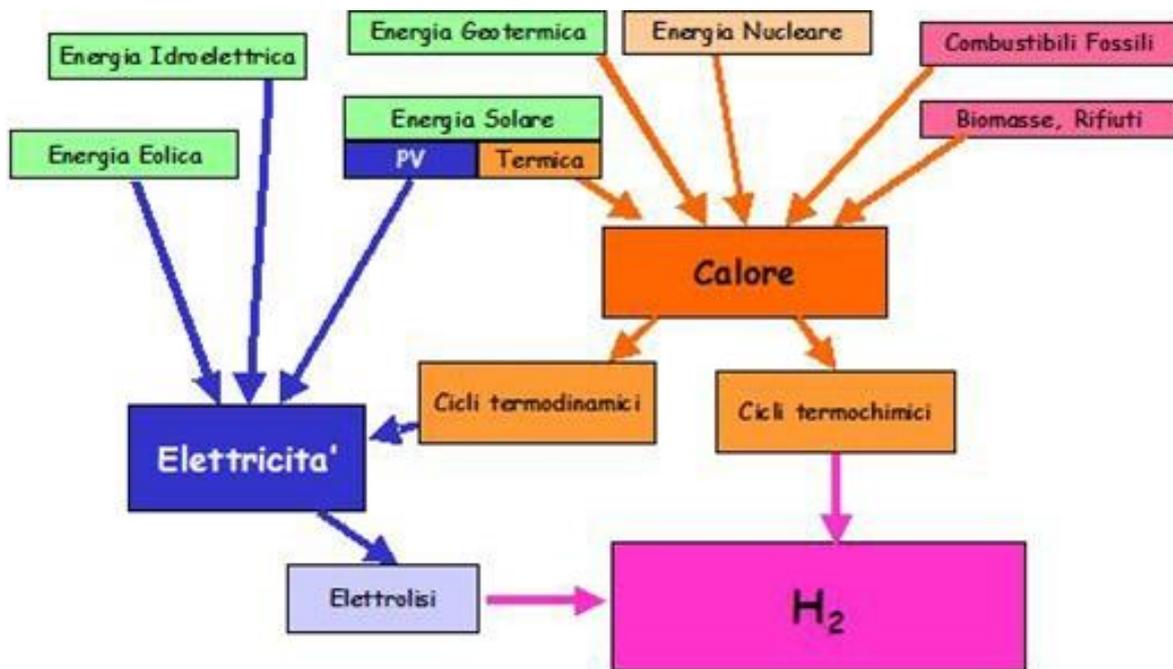
- **Conservazione dell'idrogeno**

Una delle difficoltà pratiche nell'uso dell'idrogeno come combustibile è la sua tendenza a reagire nel tempo con il metallo di cui sono costituite le condutture o i contenitori per la sua conservazione. Questa reazione rende fragile il metallo deteriorandolo fino a ridurlo in polvere. Recentemente sono stati ottenuti progressi per superare questo inconveniente usando materiali compositi anziché semplici metalli negli strumenti di conservazione e trasporto del gas. Concludendo, un modo sicuro, pratico ed economico di conservare l'idrogeno non è ancora stato trovato.

- **Produzione dell'idrogeno**

L'idrogeno non è una fonte di energia in quanto non si trova come elemento libero sulla crosta terrestre e può essere considerato soltanto un vettore (trasportatore) di energia. Viene prodotto dall'acqua e/o dal metano, con consumo di rilevanti quantità di energia e/o di altri combustibili.

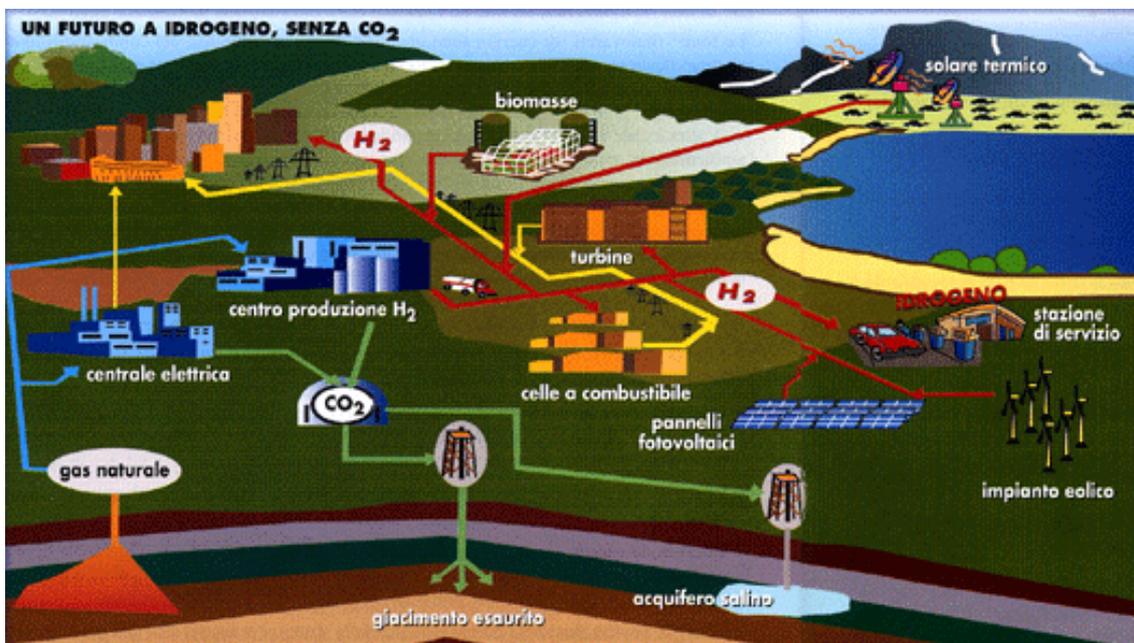
Il modo più costoso di produrre commercialmente idrogeno è attraverso l'elettrolisi dell'acqua utilizzando a tale scopo l'elettricità generata a partire da qualche altra fonte energetica.



Mapa dei sistemi di produzione dell'Idrogeno

Una speranza per il futuro è che la produzione di elettricità, dall'energia solare attraverso sistemi fotovoltaici e dall'energia eolica, divenga economicamente efficiente da poter essere utilizzata per produrre idrogeno.

Tuttavia non è ancora stato messo a punto alcun metodo pratico.



Un catalizzatore in grado di trasformare la luce solare in idrogeno attraverso l'elettrolisi dell'acqua è il biossido di titanio(TiO_2), stabile alla luce ed economico, ma che ha dato esiti fallimentari.

Occorre ricordare che l'idrogeno è considerato un combustibile pericoloso a causa della sua elevata infiammabilità ed esplosività, esso si innesca più facilmente della maggior parte dei combustibili convenzionali.

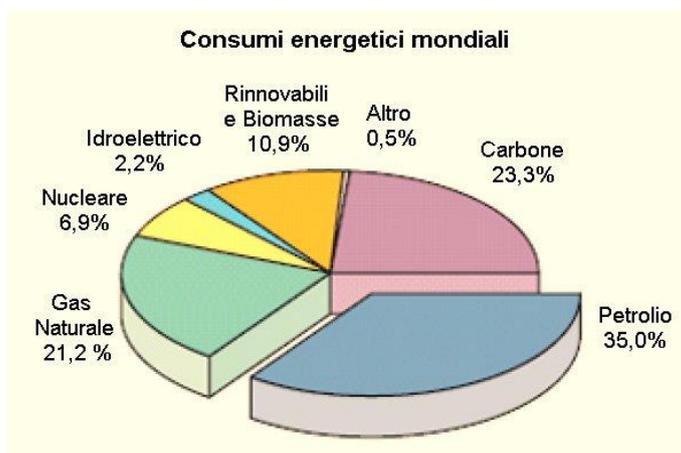
5.2 - CONCLUSIONI SULL'IDROGENO E ALTRI COMBUSTIBILI ALTERNATIVI



Il combustibile alternativo che attualmente presenta il massimo potenziale di riduzione dei gas serra rispetto all'uso di benzine riformulate è il Propano (GPL). Sfortunatamente sia il GPL che il gas naturale compresso si associano a tassi d'emissione di NO_x alquanto elevati. L'uso di veicoli alimentati a gas naturale compresso o qualsiasi veicolo elettrico (a batteria, ibridi o a celle a combustibile) riduce significativamente l'inquinamento dell'aria, mentre l'uso dei combustibili per motori diesel lo peggiora notevolmente.

Tuttavia i veicoli analizzati, alimentati a gas naturale compresso o a batterie, avevano autonomia di percorrenza di soli 160 km .

Attualmente vengono sviluppate tecnologie per produrre e usare i nuovi combustibili per i veicoli, idrogeno, gas naturale, propano e alcoli. Ognuno di questi combustibili alternativi possiede vantaggi e svantaggi rispetto alla benzina.



E' chiaro che attualmente il principale svantaggio degli alcoli e dell'idrogeno è il loro costo di produzione. Una parte rilevante delle spese di produzione di questi combustibili risiede nell'inefficienza delle trasformazioni chimiche e fisiche necessarie per ottenerli. In particolare, le tappe delle trasformazioni chimiche di solito richiedono calore che viene fornito bruciando combustibile fossile, venendo per la maggior parte perduto anziché incorporato nei prodotti. Inoltre, le reazioni stesse raramente raggiungono una percentuale del 100% di conversione nel prodotto desiderato. Anche nei casi in cui sono richieste soltanto trasformazioni fisiche ,come la compressione o la liquefazione dell'idrogeno, i costi energetici sono significativi.



Riferimenti bibliografici:

- Chimica ambientale - Colin Baird, Michael Cann - Zanichelli;
- Diritto dell'ambiente - Edizioni giuridiche Simone;
- <http://didattica.dma.unifi.it/WebWrite/pub/Energetica/TREG/emissioni.pdf>
- <http://www.aria-net.it/front/IT/attivita/files/8.pdf>
- http://it.wikipedia.org/wiki/Inquinamento_atmosferico.